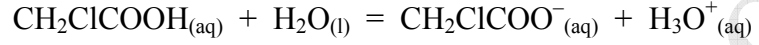


## التمرين 23



جدول تقدم تفاعل حمض الإيثانويك مع الماء :

	$\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}$	$+$	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	$=$	$\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})}$	$+$	$\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$
$t = 0$	$10^{-3}$		زيادة		0		0
الحالة الانتقالية	$10^{-3} - x$		زيادة		$x$		$x$
الحالة النهائية	$10^{-3} - x_{\text{éq}}$		زيادة		$x_{\text{éq}}$		$x_{\text{éq}}$

جدول تقدم تفاعل حمض أحادي كلور الإيثانويك مع الماء :

	$\text{CH}_2\text{ClCOOH}_{(\text{aq})}$	$+$	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	$=$	$\text{CH}_2\text{ClCOO}^-_{(\text{aq})}$	$+$	$\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$
$t = 0$	$10^{-3}$		زيادة		0		0
الحالة الانتقالية	$10^{-3} - x$		زيادة		$x$		$x$
الحالة النهائية	$10^{-3} - x_{\text{éq}}$		زيادة		$x_{\text{éq}}$		$x_{\text{éq}}$

ملاحظة : القيم الصحيحة لـ pH هي  $pH_1 = 3,55$  ،  $pH_2 = 2,7$

2 - بالنسبة لمحلول حمض الإيثانويك :

$$[\text{OH}^-] = 10^{pH_1 - 14} = 10^{3,55 - 14} \approx 3,55 \times 10^{-11} \text{ mol / L} \quad , \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-pH_1} = 10^{-3,55} = 2,82 \times 10^{-4} \text{ mol / L}$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = \frac{x_{\text{éq}}}{V_1} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] V_1}{V_1} = [\text{H}_3\text{O}^+] = 2,82 \times 10^{-4} \text{ mol / L} \quad \text{من جدول التقدّم :}$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{C_1 V_1 - x_{\text{éq}}}{V_1} = C_1 - [\text{H}_3\text{O}^+] = 5 \times 10^{-3} - 2,82 \times 10^{-4} = 4,72 \times 10^{-3} \text{ mol / L}$$

بالنسبة لمحلول حمض أحادي كلور الإيثانويك :

$$[\text{OH}^-] = 10^{pH_2 - 14} = 10^{2,7 - 14} \approx 5,0 \times 10^{-12} \text{ mol / L} \quad , \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-pH_2} = 10^{-2,7} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol / L}$$

$$[\text{CH}_2\text{ClCOO}^-] = \frac{x_{\text{éq}}}{V_2} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] V_2}{V_2} = [\text{H}_3\text{O}^+] = 2 \times 10^{-3} \text{ mol / L} \quad \text{من جدول التقدّم :}$$

$$[\text{CH}_2\text{ClCOOH}] = \frac{C_2 V_2 - x_{\text{éq}}}{V_2} = C_2 - [\text{H}_3\text{O}^+] = 5 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{-3} = 3 \times 10^{-3} \text{ mol / L}$$

$$K_{a_1} = \frac{[H_3O^+]_f \times [CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f} = \frac{(2,82 \times 10^{-4})^2}{4,72 \times 10^{-3}} = 1,68 \times 10^{-5} \quad - 3$$

$$K_{a_2} = \frac{[H_3O^+]_f \times [CH_2ClCOO^-]_f}{[CH_2ClCOOH]_f} = \frac{(2 \times 10^{-3})^2}{3 \times 10^{-3}} = 1,33 \times 10^{-3}$$

**ملاحظة:** نعلم أن قيمة ثابت الحموضة تتعلق فقط بدرجة الحرارة . حيث أن القيمتين المحسوبتين توافقان درجة الحرارة  $25^\circ C$  .

4 - حمض أحادي كلور الإيثانويك أقوى من حمض الإيثانويك (كلما كانت قيمة  $K_a$  أكبر يكون الحمض أقوى) .  
نلاحظ في عبارة الـ  $K_a$  أنه من أجل أن يكون هذا الأخير أكبر يجب أن يزداد البسط وينقص المقام . ازدياد البسط معناه تزايد تركيزي الشاردين  $H_3O^+$  و  $CH_3COO^-$  (حمض الإيثانويك كمثال) وبالتالي ازدياد تشرّد الحمض ، وفي هذه الحالة ينقص تركيز  $CH_3COOH$  الموجود في المقام .

**ملاحظة:** هذه المقارنة صحيحة حتى لو كان تركيزا الحمضين  $C_1$  و  $C_2$  مختلفين .

## التمرين 24

$$1 - \text{التركيز المولي للمحلول (S)} : C_a = \frac{n}{V} \quad (1)$$

لدينا كمية مادة الحمض  $n = \frac{m}{M} = \frac{0,305}{122} = 2,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$  ، وبتعويض قيمة  $n$  في العلاقة (1) :

$$C_a = \frac{2,5 \times 10^{-3}}{0,5} = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

2 - نحسب حجم المحلول الأساسي اللازم للتكافؤ ، وذلك من العلاقة  $C_a V_a = C_b V_{bE}$

$$V_{bE} = \frac{C_a V_a}{C_b} = \frac{5 \times 10^{-3} \times 10}{5 \times 10^{-3}} = 10 \text{ mL}$$

البيان الموافق هو البيان (I) .

رفضنا البيانات الأخرى لأن :

**البيان (II) :**

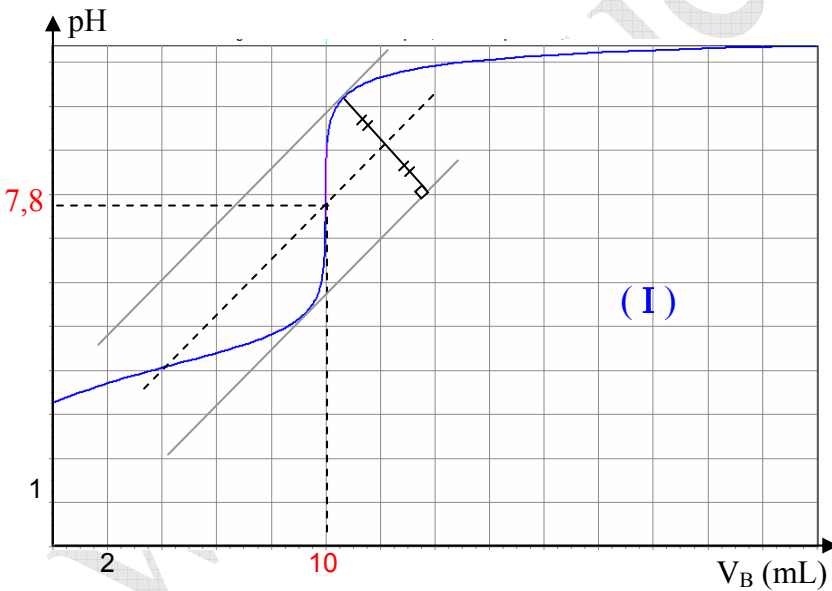
رغم أن الحمض المعايير عبارة عن حمض ضعيف

لأن pH الابتدائي يساوي 3,3 ، معناه :

$[H_3O^+] = 10^{-3,3} \text{ mol/L}$  وهي قيمة أصغر من  $C$  .

لكن حجم المحلول الأساسي المضاف عند التكافؤ

هو 20 mL ، وهذا لا يوافق لأن  $V_{bE} = 10 \text{ mL}$



البيانان (III) و (IV) خاصان بمعايرة أساسين وليس بمعايرة حمضين لأن pH الابتدائي في كليهما أكبر من 7 .

## التمرين 25

1 - في نقطة تقاطع البيانيين تكون النسبة المئوية لـ  $[HCOO^-]$  مساوية لـ  $[HCOOH]$

في العلاقة  $pH = pK_A + \text{Log} \frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]}$  ، نضع  $[HCOO^-] = [HCOOH]$  ، وبالتالي يكون

$$pH = pK_A + \text{Log} 1$$

ومنه  $pH = pK_A$

بإسقاط نقطة تقاطع البيانيين على محور الـ pH نجد القيمة 3,8 ، أي  $pK_A = 3,8$

2 - من أجل  $pH = 5$  نجد  $[HCOOH] = 7\%$  و  $[HCOO^-] = 93\%$  (انظر للشكل)

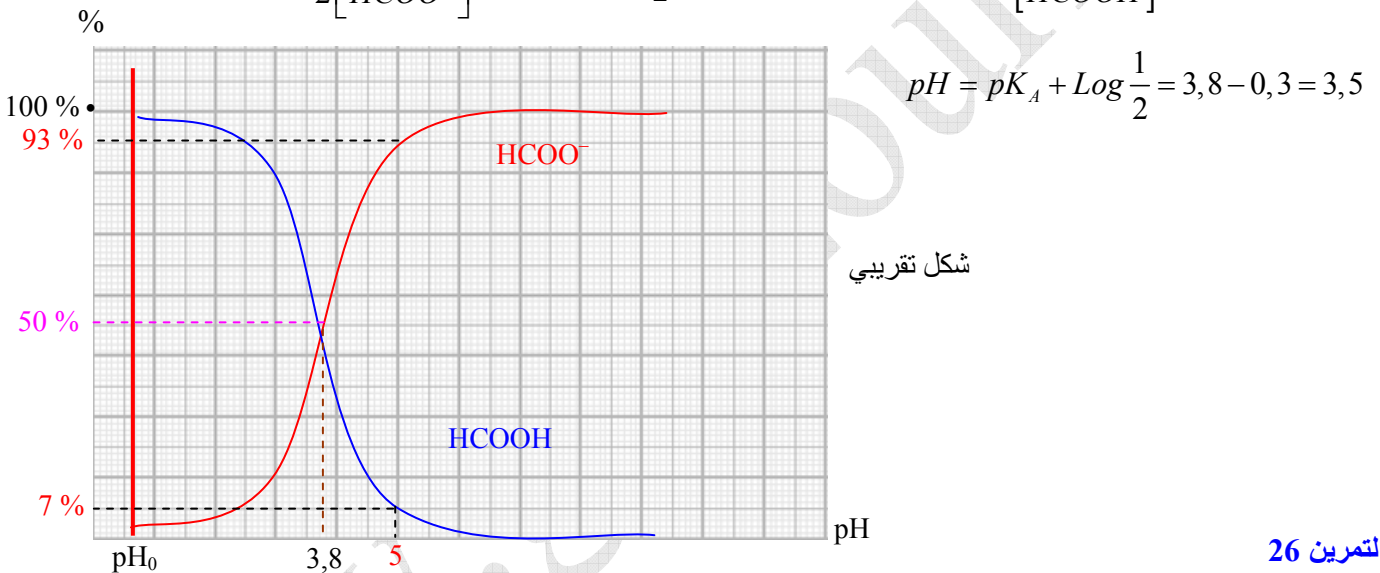
3 - بما أن  $[HCOOH] = 2 [HCOO^-]$  ، ونعلم أن مجموع النسبتين المئويتين للفردين هو 100 % ، أي :

$$[HCOOH] + [HCOO^-] = 100$$

وبالتالي :  $[HCOO^-] = 33,3\%$  ، ونستنتج  $[HCOOH] = 66,6\%$

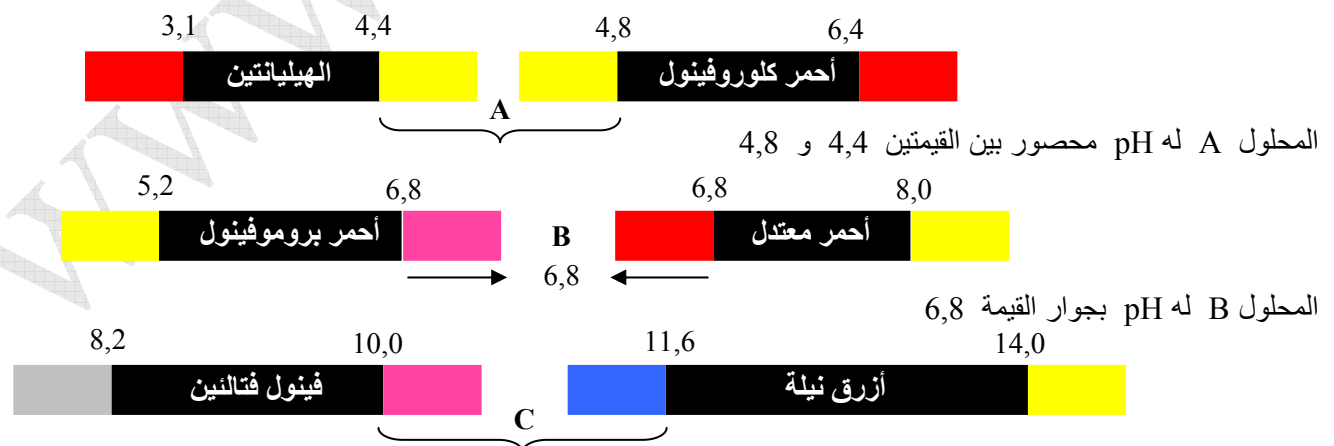
الـ pH الموافق لهاتين النسبتين هو 3,5 .

يمكن استعمال العلاقة  $pH = pK_A + \text{Log} \frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]}$  ، نكتب :  $pH = pK_A + \text{Log} \frac{1}{2}$



## التمرين 26

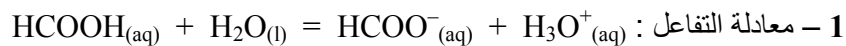
1 - مثلنا كل ألوان الكواشف باللون الأسود ، ومثلنا اللون الشفاف بالرمادي .



المحلول C له pH محصور بين القيمتين 10 و 11,6

2 - لا يمكن إجراء أي اختبار إضافي بواسطة هذه الكواشف ، لأن حدود صفاتها الأساسية كلها أقل من القيمة 10 .

لكي نضيّق المجال الذي يشمل pH المحلول C يجب أن نبحث عن كاشف ملون تكون فيه الصفة الحمضية محدودة بقيمة أقل من 11,6 .



ب) عند التكافؤ تكون كمية مادة كل متفاعل قد انتهت . وبالتالي :  $C_1 V_a = C_b V_{bE}$  ، ومنه :

$$V_{bE} = \frac{C_1 V_a}{C_b} = \frac{0,1 \times 80}{0,25} = 32 \text{ mL}$$

ج) لدينا  $\text{pH} = 3,8$  ، ومنه  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-3,8} = 1,6 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$

من الجدء الشاردي للماء في الدرجة  $25^\circ\text{C}$  نستنتج  $[\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{10^{-14}}{1,6 \times 10^{-4}} = 6,25 \times 10^{-11} \text{ mol/L}$

أما كمية مادة  $\text{OH}^-$  فهي :  $n(\text{OH}^-) = [\text{OH}^-] \times \left( \frac{1}{2} V_{bE} + V_a \right) = 6,25 \times 10^{-11} \times 96 \times 10^{-3} = 6,0 \times 10^{-12} \text{ mol/L}$

جدول التقدّم : نحسب أولا كمية مادة الحمض والأساس الابتدائيّان .

$$n(\text{HCOOH}) = C_1 V_a = 0,1 \times 0,08 = 8,0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

نضع  $V' = \frac{1}{2} V_{bE}$  ، وهو الحجم من الأساس المضاف عند  $n(\text{OH}^-) = C_b \times \frac{1}{2} V_{bE} = 0,25 \times 0,016 = 4 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

نصف التكافؤ ، ونرمز للتقدم عند نصف التكافؤ بـ  $x_{\text{éq}}$  (معناه *équilibre*)

نعلم أن المتفاعل المحدّ هو  $\text{OH}^-$  ، وبالتالي  $x_{\text{max}} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol}$

	$\text{HCOOH}_{(aq)}$	$+$	$\text{OH}^-_{(aq)}$	$=$	$\text{HCOO}^-_{(aq)}$	$+$	$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$
$t = 0$	$8 \times 10^{-3}$		$4 \times 10^{-3}$		0		زيادة
الحالة الانتقالية	$8 \times 10^{-3} - x$		$4 \times 10^{-3} - x$		$x$		زيادة
الحالة النهائية	$8 \times 10^{-3} - x_{\text{éq}}$		$4 \times 10^{-3} - x_{\text{éq}}$		$x_{\text{éq}}$		زيادة

حساب  $x_{\text{éq}}$

عند نصف التكافؤ كان لدينا  $n(\text{OH}^-) = 6,0 \times 10^{-12} \text{ mol/L}$  ، وهذه الكمية من جدول التقدّم هي نفسها  $4 \times 10^{-3} - x_{\text{éq}}$

وبالتالي :  $x_{\text{éq}} = 4 \times 10^{-3} - 6 \times 10^{-12} \approx 4 \times 10^{-3} \text{ mol}$

(أهملنا  $6 \times 10^{-12}$  أمام  $4 \times 10^{-3}$ )

لدينا نسبة التقدّم النهائي لتفاعل المعايرة  $\tau = \frac{x_{\text{éq}}}{x_{\text{max}}} = \frac{4 \times 10^{-3}}{4 \times 10^{-3}} = 1$  ، ومنه نستنتج أن تفاعل المعايرة هو تفاعل تام .

**ملاحظة :** يمكن أن نحسب التقدّم النهائي بواسطة أي حجم مضاف من المحلول الأساسي ، أقصد ليس فقط في نقطة نصف

التكافؤ ، معناه يكفي أن نعرف حجم المحلول الأساسي المضاف وقيمة  $\text{pH}$  المزيج عند إضافة هذا الحجم .

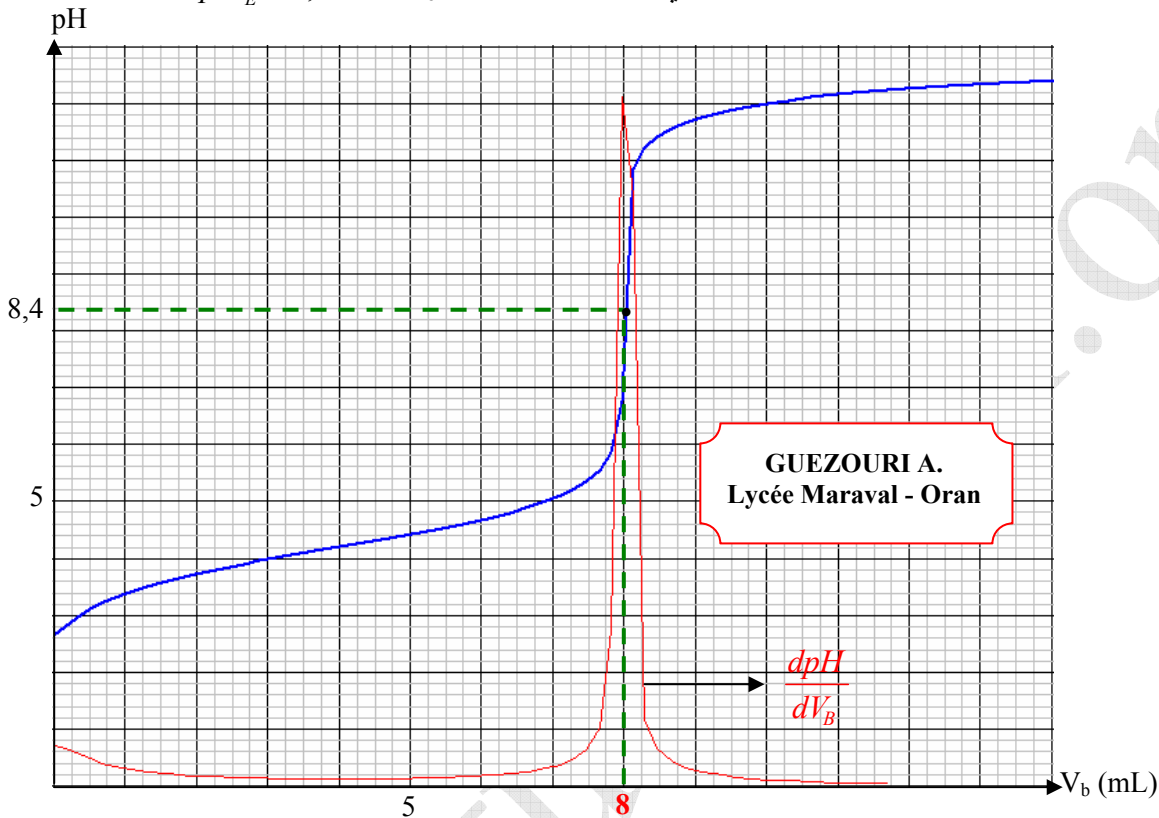
التمرين 28



2 - من الشكل نستنتج حجم المحلول الأساسي المضاف عند التكافؤ :  $V_{bE} = 8 \text{ mL}$  لأن قيمة هذا الحجم هي فاصلة النهاية العظمى

ليبيان الدالة  $g(V_B) = \frac{dpH}{dV_B}$  ، قيمة التركيز المولي للمحلول الأساسي المعطاة هي  $C_b = 1 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$

البيان المرسوم في الكتاب غير دقيق ، وقد رسمنا البيان الدقيق والذي يكون فيه  $V_{bE} = 8 \text{ mL}$  ، و  $pH_E = 8,4$



3 - عند نقطة التكافؤ تكون كمية مادة الحمض مساوية لكمية مادة الأساس  $n(C_6H_5COOH) = n(OH^-)$  ، وبالتالي :

$$C_a V_a = C_b V_{bE} \text{ ، ومنه : } C_a = \frac{C_b V_{bE}}{V_a} = \frac{0,1 \times 8}{10} = 8,0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

4 - من أجل الحجم  $V_b = 4 \text{ mL}$  يكون pH المزيج مساويا للقيمة 4,2 ، وبالتالي  $[H_3O^+] = 10^{-4,2} = 6,31 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$

ومنه  $[OH^-] = \frac{10^{-14}}{6,31 \times 10^{-5}} = 1,6 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$  . أما كمية مادة  $OH^-$  فهي  $n(OH^-) = [OH^-] \times (V_a + V_b)$

$$n(OH^-) = 1,6 \times 10^{-10} \times (10 + 4) \times 10^{-3} = 2,24 \times 10^{-12} \text{ mol/L}$$

5 - كمية مادة حمض البنزويك هي  $C_a V_a = 0,08 \times 10 \times 10^{-3} = 8,0 \times 10^{-4} \text{ mol}$

كمية مادة الأساس هي  $C_b V_b = 0,1 \times 4 \times 10^{-3} = 4,0 \times 10^{-4} \text{ mol}$

	$C_6H_5COOH_{(aq)}$	$OH^-_{(aq)}$	$=$	$C_6H_5COO^-_{(aq)}$	$+ H_2O_{(l)}$
الحالة الابتدائية	$8 \times 10^{-4}$	$4 \times 10^{-4}$		0	زيادة
الحالة الانتقالية	$8 \times 10^{-4} - x$	$4 \times 10^{-4} - x$		$x$	زيادة
الحالة النهائية	$8 \times 10^{-4} - x_{\text{éq}}$	$4 \times 10^{-4} - x_{\text{éq}}$		$x_{\text{éq}}$	زيادة

عندما أضفنا الحجم  $V_b = 4 \text{ mL}$  كان لدينا في المزيج كمية مادة  $\text{OH}^-$  هي  $n(\text{OH}^-) = 2,24 \times 10^{-12} \text{ mol/L}$  ، وهذا العدد هو نفسه  $x_{\text{eq}} - 4 \times 10^{-4}$  ، وبالتالي :  $x_{\text{eq}} = 4 \times 10^{-4} - 2,24 \times 10^{-12} \approx 4 \times 10^{-4} \text{ mol}$  ، وبالتالي  $x_{\text{max}} = 4 \times 10^{-4} \text{ mol}$  ، أي شوارد  $\text{OH}^-$  هو الأساس ، وبالتالي

النسبة النهائية لتقدم تفاعل المعايرة هي :  $\tau = \frac{x_{\text{eq}}}{x_{\text{max}}} = \frac{4 \times 10^{-4}}{4 \times 10^{-4}} = 1$  ، ونستنتج أن تفاعل المعايرة هو تفاعل تام .

## التمرين 29

1 - لكي نبيّن أن حمض البنزويك (حمض البنزين) هو حمض ضعيف نقارن بين  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  والتركيز المولي للحمض  $C_1$  . لدينا  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-3,1} = 7,9 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$  ، ولدينا  $C_1 = 0,10 \text{ mol/L}$  ، ومنه  $[\text{H}_3\text{O}^+] < C_1$  ، وبالتالي هو حمض ضعيف .

2 - معادلة التفاعل مع الماء :  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} = \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-_{(\text{aq})} + \text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$

عبارة ثابت الحموضة للتنائية  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} / \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$  :  $K_A = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_f \times [\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-]_f}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]_f}$

3 - المحلول المائي لبنزوات الصوديوم يحتوي على الشوارد  $\text{OH}^-$  ،  $\text{H}_3\text{O}^+$  ،  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$  ،  $\text{Na}^+$  إن شاردة البنزوات  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$  تتفاعل مع الماء لأنها أساس مرافق لحمض ضعيف .

معادلة تفاعلها مع الماء هي :  $(1) \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} = \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}_{(\text{aq})} + \text{OH}^-_{(\text{aq})}$  فبتفاعلها هذا مع الماء تضيف للمحلول شوارد  $\text{OH}^-$  مما يجعل هذا المحلول ذا طبيعة أساسية .

لكي نبيّن أن شاردة البنزوات هي أساس ضعيف فيالماء نقارن بين التركيز المولي لبنزوات الصوديوم الذي هو نفسه التركيز المولي للبنزوات ( لأن بنزوات الصوديوم تتحلل كلياً في الماء ) والتركيز المولي لشوارد  $\text{OH}^-$  .

لدينا  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-8,1} = 7,9 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$  ، ومن الجداء الشاردي للماء نستنتج التركيز المولي لشوارد

$$[\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{10^{-14}}{7,9 \times 10^{-9}} = 1,26 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$$

لدينا  $C_2 = 10^{-2} \text{ mol/L}$  وهذه القيمة أكبر بكثير من  $[\text{OH}^-]$  ، وبالتالي شاردة البنزوات أساس ضعيف .

4 - كتبنا معادلة تفاعل البنزوات مع الماء (انظر المعادلة 1)

$$K = \frac{[\text{OH}^-]_f \times [\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]_f}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-]_f}$$

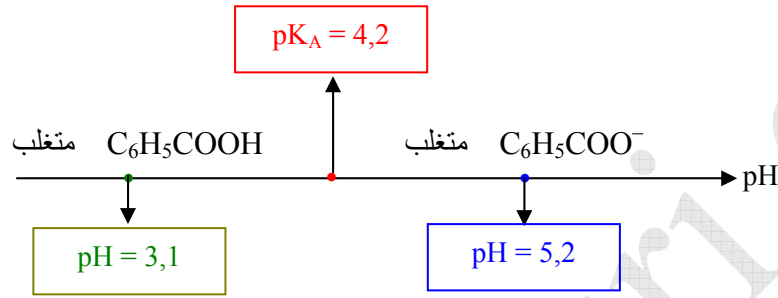
- 5

$$\text{pH} = \text{p}K_A + \text{Log} \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]}$$

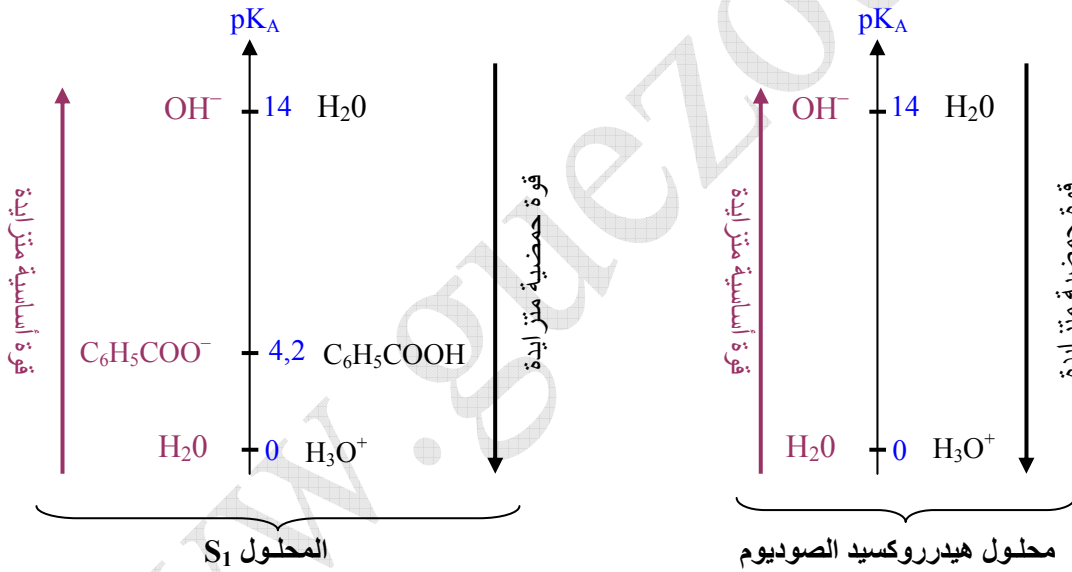
نستنتج أنه لما يكون للمحلول  $pH = pK_A$  ، يكون تركيزا الفردين الكيميائيين في هذه الثنائية متساويين .

أما لما يصبح  $pH$  أكبر من  $pK_A$  يصبح  $Log \frac{[C_6H_5COO^-]}{[C_6H_5COOH]} > 0$  ، أي أن البسط أكبر من المقام في النسبة

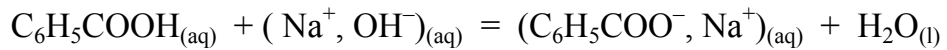
الأساسية . وبالتالي يكون الفرد المتغلب من أجل  $pH = 5,2$  هو  $C_6H_5COO^-$  ، أي الصفة المتغلبة هي الصفة الأساسية .



6 - سلم الـ  $pK_A$



7 - معادلة تفاعل  $S_1$  مع هيدروكسيد الصوديوم :



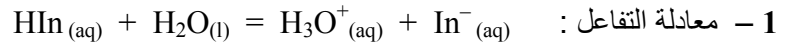
ثابت التوازن :

$$K = \frac{[C_6H_5COO^-]}{[C_6H_5COOH] \times [OH^-]} = \frac{[C_6H_5COO^-]}{[C_6H_5COOH] \times [OH^-]} \times \frac{[H_3O^+]}{[H_3O^+]} = \frac{K_{A1}}{K_e} = 10^{pK_e - pK_{A1}} = 6,31 \times 10^9$$

لدينا  $K > 10^4$  ، إذن التفاعل تام .

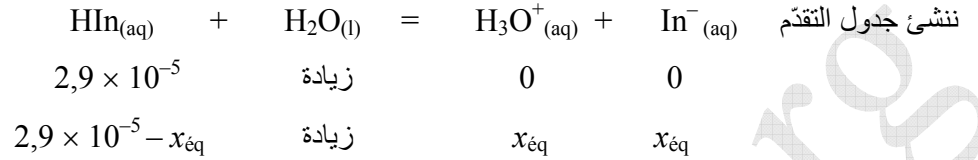
### التمرين 30

pH = 4,2 (ليس 4,18)



2 -  $[\text{H}_3\text{O}^+]_f = 10^{-\text{pH}} = 10^{-4,2} = 6,3 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$

3 - كمية مادة الحمض الابتدائية هي  $n(\text{HIn}) = C_0 V = 2,9 \times 10^{-4} \times 0,1 = 2,9 \times 10^{-5} \text{ mol}$



من جدول التقدّم لدينا :  $x_{\text{max}} = C_0 V$  و  $x_f = n(\text{H}_3\text{O}^+)$

النسبة النهائية للتقدّم هي  $\tau = \frac{x_f}{x_{\text{max}}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \times V}{C_0 \times V} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C_0} = \frac{6,3 \times 10^{-5}}{2,9 \times 10^{-4}} = 0,22$

لدينا نسبة التقدّم النهائي  $\tau < 1$  ، وبالتالي الحمض (الكاشف الملون) لا يتشردّ كلياً في الماء .

4 - ثابت الحموضة للثنائية أساس / حمض (HIn / In<sup>-</sup>) هو  $K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{In}^-]}{[\text{HIn}]}$  (1)

5 - في حالة حمض ضعيف في الماء  $K = K_a$  .

الأنواع الكيميائية المتواجدة في المحلول هي :  $\text{HIn}$  ،  $\text{In}^-$  ،  $\text{OH}^-$  ،  $\text{H}_3\text{O}^+$

$[\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{6,3 \times 10^{-5}} = 1,6 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$  ،  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{In}^-] = 6,3 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$

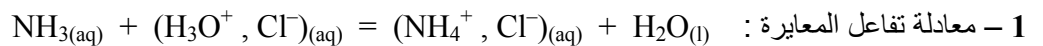
$[\text{HIn}] = C_0 - [\text{H}_3\text{O}^+] = 2,9 \times 10^{-4} - 6,3 \times 10^{-5} = 2,27 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$

بالتعويض في العلاقة (1)  $K_a = \frac{(6,3 \times 10^{-5})^2}{2,27 \times 10^{-4}} = 1,75 \times 10^{-5}$  (هذه القيمة توافق pH = 4,2 وليس pH = 4,18)

6 -  $pK_a = -\text{Log} K_a = -\text{Log} 1,75 \times 10^{-5} = 4,7$  ، ونستنتج من الجدول أن الكاشف الملون هو أخضر بروموكريزول .

### التمرين 31

.... ، يُسكب تدريجياً محلول (وليس محلولاً)



2 - ثابت التوازن :  $K = \frac{[\text{NH}_4^+]_f}{[\text{H}_3\text{O}^+]_f \times [\text{NH}_3]_f} = \frac{1}{K_a} = \frac{1}{10^{-9,2}} = 10^{9,2} = 1,6 \times 10^9$

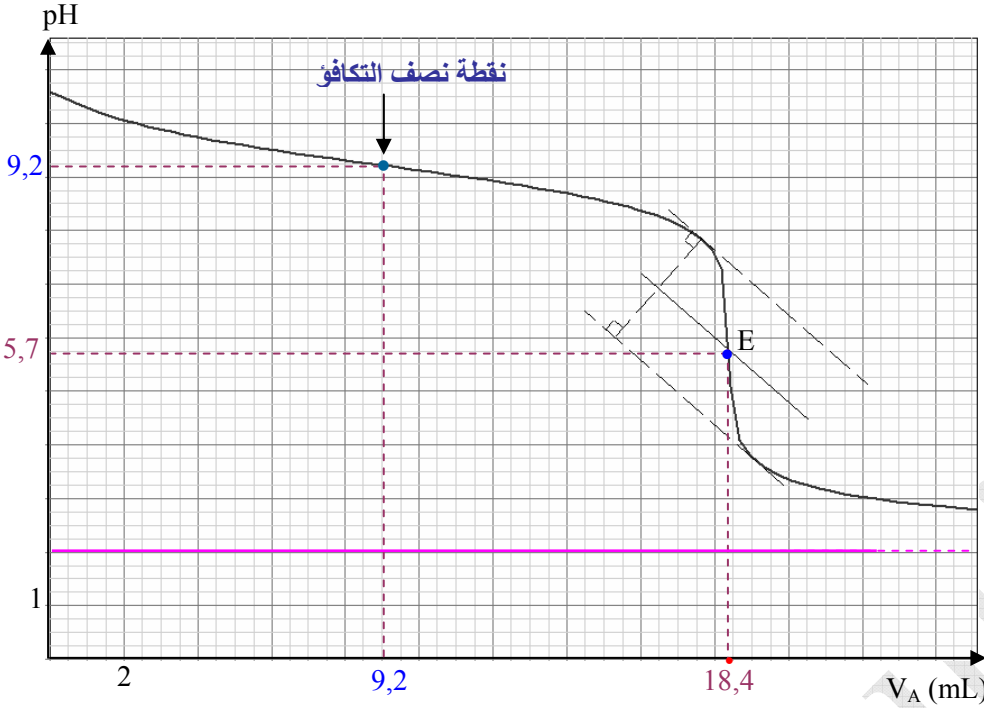
3 - نقطة التكافؤ (انظر للشكل في الصفحة الموالية)

4 - الأنواع الكيميائية التي تشكل أغلبية : إذا كان المقصود هو الأفراد الكيميائية المتغلّبة في الثنائية  $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$

التي قيمة  $pK_a$  لها هو 9,2 (من البيان) ، يكون الجواب كما يلي :



$$pH = pK_A + \text{Log} \frac{[NH_4^+]}{[NH_3]} \quad \text{حسب العلاقة :}$$



- من أجل  $pH = 2$  و  $pH = 5,2$  لدينا  $pH < pK_a$  ، إذن المتغلب هو الحمض  $NH_4^+$

- من أجل  $pH = 9,2$  لدينا  $pH = pK_a$  ، إذن  $[NH_4^+] = [NH_3]$

لكن المقصود ليس هذا ، والدليل على ذلك هو إعطاء قيمتين لـ  $pH$  كلاهما أقل من  $pK_a$  ( ذكرنا هذه الملاحظات حتى لا يتقيد التلميذ بالحل المقترح في الكتاب )

**المقصود في هذا السؤال هو التغلب بالنسبة لكل الأفراد الكيميائية في المزيج .**

• من أجل  $pH = 2$

نعلم أن التركيز المولي للمحلول الحمضي هو  $C_A = 0,01 \text{ mol/L}$  ، وبالتالي  $pH = -\text{Log} C_A = 2$  .  
البيان  $pH = f(V_B)$  يقبل المستقيم  $pH = 2$  خطأ مقاربا .

ما معنى هذا ؟

معناه أننا لكي نحصل على  $pH = 2$  للمزيج يجب أن نواصل إضافة المحلول الحمضي من السحاحة بعد نقطة التكافؤ إلى أن يصبح حجم المزيج يساوي تقريبا حجم المحلول الحمضي ، أي أن حجم المحلول الأساسي الذي كان موجودا في البيشر يصبح مهمل أمام حجم المزيج ، وكأن المزيج هو نفسه الحمض ، وبالتالي يكون لهذا المزيج قيمة لـ  $pH$  قريبة جدا من 2 .

الأنواع الكيميائية التي تشكل الأغلبية هي  $H_3O^+$  ،  $Cl^-$

• من أجل  $pH = 5,2$  ( أغلب الظن أن التمرين يقصد  $pH = 5,7$  ، أي نقطة التكافؤ ) ، نعتبر  $pH = 5,7$  .  
الفرق بين القيمتين لا يؤثر كثيرا ، ما دامت القيمتان تجاوزان نقطة التكافؤ .

الأنواع الكيميائية الموجودة عند نقطة التكافؤ هي :  $H_3O^+$  ،  $OH^-$  ،  $NH_4^+$  ،  $Cl^-$  ،  $NH_3$  .

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-5,7} = 2,0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$$

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-14}}{2 \times 10^{-6}} = 5,0 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$$

$$[Cl^-] = \frac{C_A V_{A_E}}{V_B + V_{A_E}} = \frac{0,01 \times 18,4}{38,4} = 4,8 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

( ارجع للدرس - الجزء الثالث ) .  $[NH_4^+] \approx [Cl^-] = 4,8 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

$$[\text{NH}_3] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 2,0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$$

إذن عند نقطة التكافؤ تكون الشارديتان  $\text{NH}_4^+$  و  $\text{Cl}^-$  هما المتغلبتان .

•  $\text{pH} = 9,2$  (نقطة نصف التكافؤ) لأن  $\text{pK}_a$  الثنائية  $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$  هو 9,2 .

عند نقطة نصف التكافؤ يكون  $[\text{NH}_3] = [\text{NH}_4^+]$

$$\text{لدينا : } [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-9,2} = 6,3 \times 10^{-10} \text{ mol/L} , \quad [\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{6,3 \times 10^{-10}} = 1,6 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

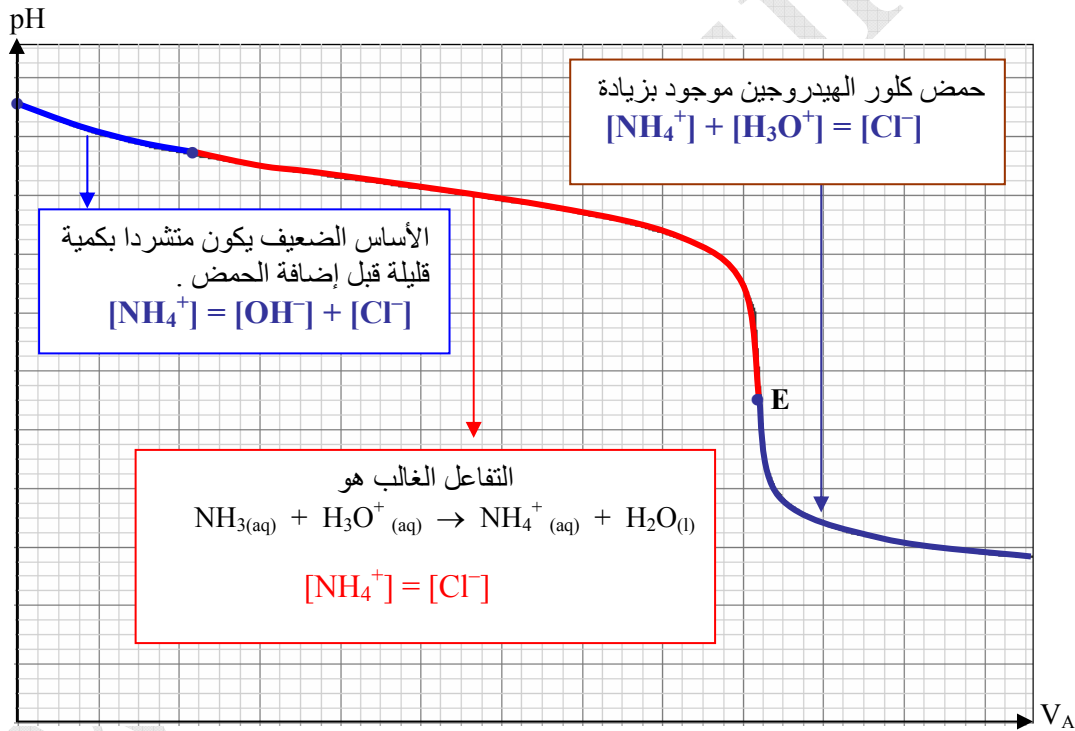
$$\text{حيث } V' \text{ هو حجم الحمض المضاف عند نصف التكافؤ . } [\text{Cl}^-] = \frac{C_a V'}{V_b + V'} = \frac{0,01 \times 9,2}{29,2} = 3,15 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$[\text{NH}_4^+] \approx [\text{Cl}^-] = 3,15 \times 10^{-3} \text{ mol/L} = [\text{NH}_3]$$

الأنواع الكيميائية التي تشكل أغلبية عند نصف التكافؤ هي :  $\text{NH}_3$  ،  $\text{NH}_4^+$  ،  $\text{Cl}^-$  .

**ملاحظة :** بإمكانك الإجابة عن هذا السؤال بدون حساب وذلك بالاستعانة بالخلاصة التالية :

**خلاصة عامة (بإمكانك الاستعانة بها في بيانات أخرى)**

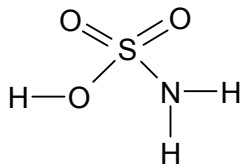
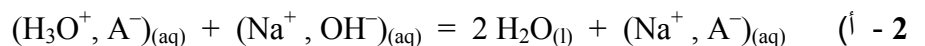
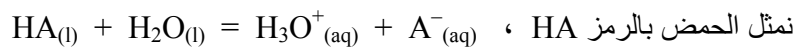


### التمرين 32

حمض السولفاميك هو حمض قوي ، يتشرد كلياً في الماء صيغته المفصلة

كتلته الجزيئية المولية 97 g/mol .

1 - معادلة تفاعل الحمض مع الماء :



(ب) نقطة التكافؤ E ( 7 , 15,3 mL )

$$C_A V_A = C_B V_{BE} \quad (\rightarrow)$$

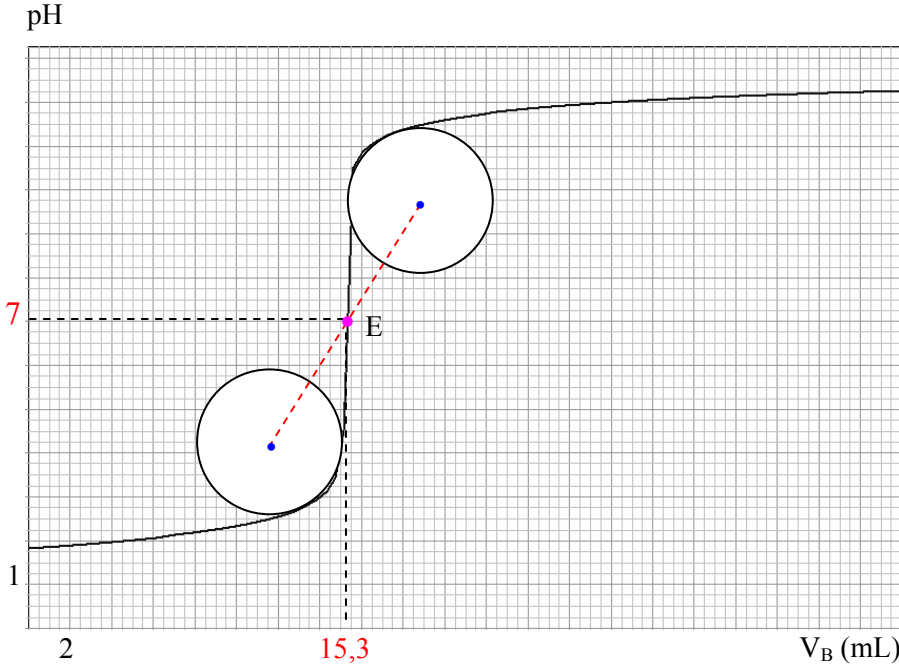
حجم المحلول الحمضي الذي عايرناه هو

$$V_A = 20 + 80 = 100 \text{ mL}$$

(أضفنا الماء المقطر للمحلول الحمضي قبل

الشرع في إضافة المحلول الأساسي) .

$$C_A = \frac{C_B V_{BE}}{V_A}$$



$$C_A = \frac{0,1 \times 15,3}{100} = 1,53 \times 10^{-2} \text{ mol / L}$$

لقد مددنا المحلول قبل معايرته بـ 5 مرات ، أي ضاعفنا حجمه بـ 5 مرات ( كان الحجم 20 mL وأصبح 100 mL )

إذن تركيز المحلول S هو  $C'_A = 5 C_A = 5 \times 1,53 \times 10^{-2} = 7,65 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$

كمية مادة الحمض في المحلول S هي  $n = C'_A \times V = 7,65 \times 10^{-2} \times 0,2 = 1,53 \times 10^{-2} \text{ mol}$

كتلة الحمض في المحلول S هي  $m = n \times M = 1,53 \times 10^{-2} \times 97 = 1,48 \text{ g}$

(د) نسبة النقاوة في الحمض هي  $p = \frac{1,48}{1,8} = 0,82$  ،  $p = 82 \%$

(هـ) الكاشف الملون الأنسب لهذه المعايرة هو أزرق البروموتيمول لأن مجال تغير لونه يشمل نقطة التكافؤ .

### التمرين 33

1 - النسبة المئوية الكتلية لهيدروكسيد الصوديوم 20 % معناه : 100 g من هذا المحلول لا يحتوي إلا على 20 g من NaOH

هذه الـ 100 g من المحلول غير النقي تشغل حجماً معيناً لأن هذه المادة سائلة . هذا الحجم نحسبه بقانون الكتلة الحجمية  $V = \frac{m}{\rho}$

$$V = \frac{100}{1230} = 0,0813 \text{ L} , \text{ ولدينا كمية مادة هيدروكسيد الصوديوم هو } n = \frac{m}{M} = \frac{20}{40} = 0,5 \text{ mol}$$

أما التركيز المولي فهو  $[NaOH] = C'_B = \frac{n}{V} = \frac{0,5}{0,0813} = 6,15 \text{ mol / L}$

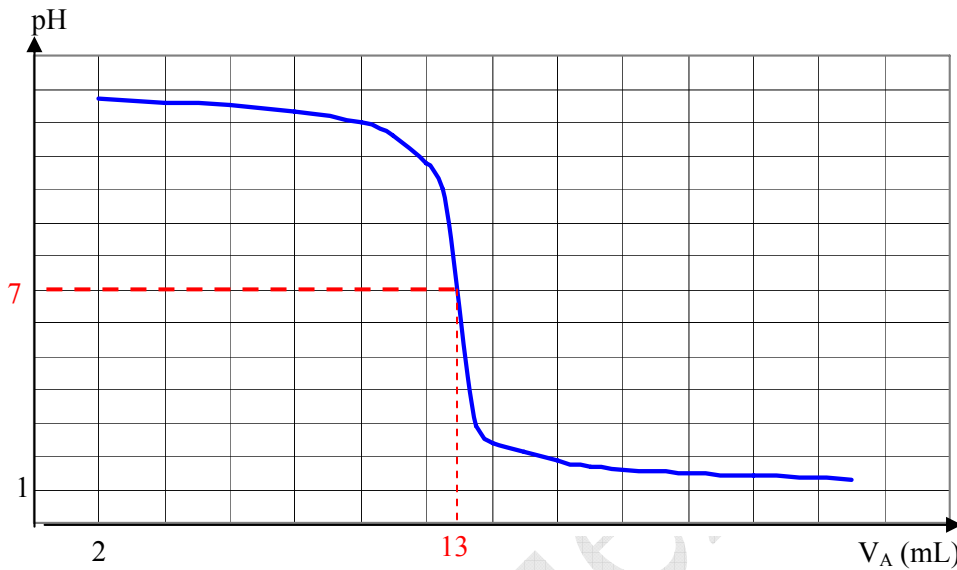
أو نطبق العلاقة :  $C = 10 \frac{P}{M} \times d = 10 \times \frac{20}{40} \times 1,23 = 6,15 \text{ mol / L}$  ، مع العلم أن  $d = \frac{\rho}{\rho_e} = \frac{1,23}{1} = 1,23$

حيث  $\rho_e = 1 \text{ kg / L}$  هي الكتلة الحجمية للماء .

الطريقة هي : نأخذ بواسطة مصاصة حجما  $V' = 10 \text{ mL}$  مثلا ونصبه في حوالة سعتها  $1000 \text{ mL}$  ونكمل الحجم بالماء المقطر ونكون بذلك قد ضاعفنا الحجم 100 مرة ، أي  $\frac{1000}{10}$  . في هذه الحالة يصبح التركيز المولي للمحلول S هو :

$$C_B = \frac{6,15}{100} = 6,15 \times 10^{-2} \text{ mol / L}$$

3 - أ) معادلة تفاعل المعايرة :  $(\text{H}_3\text{O}^+, \text{Cl}^-)_{(\text{aq})} + (\text{Na}^+, \text{OH}^-)_{(\text{aq})} = 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + (\text{Na}^+, \text{Cl}^-)_{(\text{aq})}$



ب) البيان  $\text{pH} = f(V_A)$

ج) إحداثي نقطة التكافؤ

E (13 mL, 7)

د) التركيز المولي للمحلول S هو  $C'_B$  ، حيث  $C'_B = \frac{C_A V_{AE}}{V_B} = \frac{0,1 \times 13}{20} = 0,065 \text{ mol / L}$

أما التركيز المولي للمحلول المركز فيضرب بـ 100 ويصبح  $C''_B = 6,5 \text{ mol/L}$  .

هـ) المقارنة : تقتضي منا المقارنة أن نحسب الإرتياب النسبي في التركيز المولي

، أي أن الدقة في هذه العملية كانت حوالي 5% ، وهي دقة جدّ معقولة .  $\frac{\Delta C_B}{C_B} = \frac{|C'_B - C''_B|}{C'_B} = \frac{|6,2 - 6,5|}{6,2} = 0,05$

إذن يمكن أن نقول أن النتيجة التجريبية والمحسوبة في السؤال - 1 متطابقتان .